

Opinnäytetyö (AMK)

Prosessi- ja materiaalitekniikka

2018

Paju Hennamari

RAAKA-AINEEN KOSTEUSPITOISUUDEN VAIKUTUS LOPPUTUOTTEEN KOSTEUSPITOISUUTEEN



Hennamari Paju

RAAKA-AINEEN KOSTEUSPITOISUUDEN VAIKUTUS LOPPUTUOTTEEN KOSTEUSPITOISUUTEEN

Kauran suosio elintarvikeraaka-aineena on noussut viime vuosina nopeasti ja yritykset tuovatkin kilpaa markkinoille uusia kaurapohjaisia tuotteita. Kuluttajia kaura viehättää siihen liitettyjen terveysvaikutusten takia. Kauran sisältämän β -glukaanin on todettu mm. alentavan kolesterolia sekä estävän ruokailun jälkeistä verensokerin nousua. Kauran β -glukaanilla on myös kaksi EU:n hyväksymää terveysväitettä.

Leipomoteollisuutta kaura kiinnostaa sen terveysvaikutusten lisäksi hyvän vedensidontakyvyn takia, joka johtuu β -glukaanin rakenteesta. Haastetta kauraleivontaan tuo se, ettei β -glukaanilla ole samanlaisia viskoelastisia ominaisuuksia kuin vehnän gluteenilla. Mitä korkeampaa lopputuotteen kaurapitoisuutta tavoitellaan, sitä haastavampaa leivonta on. Vedensidontakykynsä vuoksi kauraleipä myös säilyy kosteana ja tuoreen tuntuksena pidempään, mutta liiallisella sisuksen kosteudella saattaa olla negatiivinen vaikutus tuotteen säilyvyyteen ja mikrobiologisiin ominaisuuksiin.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, miten leivonnassa käytettävän kauraraaka-aineen mahdolliset kosteuspitoisuuden muutokset vaikuttavat lopputuotteena olevan palaleivän kosteuspitoisuuteen, sillä leivän kaurapitoisuutta nostettiin huomattavasti tuotekehityksen tuloksena.

Kosteuspitoisuutta analysoitiin taikinoista ja valmiista leivistä sekä valmistuspäivänä että toiseksi viimeisenä myyntipäivänä. Analysointiin käytettiin farinografia, kosteusanalysaattoreita sekä uunikuivausta. Lisäksi kerättiin dataa kauraraaka-aineen kosteuspitoisuudesta valmistusvaiheessa, varaston ja leipomon suhteellisesta kosteuspitoisuudesta analyysipäivinä, kauraraaka-aineesta valmistettavan välituotteen prosessointiparametreista, raaka-aineiden automaattiannostelun toiminnasta sekä taikinoiden lämpötiloista.

Kosteusanalyseissä ei havaittu suoraa yhteyttä kauraraaka-aineen kosteuspitoisuuden ja lopputuotteen kosteuspitoisuuden välillä.

ASIASANAT:

Kaura, teollisuusleivonta, leipomotekniikka, kosteuspitoisuuden määrittäminen

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Chemical and Materials Engineering

2018 | 40 pages

Supervisor: Liisa Lehtinen, Principal Lecturer, Turku University of Applied Sciences

Hennamari Paju

EFFECT OF RAW MATERIAL MOISTURE CONTENT ON PRODUCT MOISTURE CONTENT

The popularity of oat has increased in recent years in the food industry. Companies launch new oat-based products to the market regularly. Consumers are attracted to oat products because of health benefits. Oat β -glucan has two health claims approved by the EU. Oat contains a fiber called β -glucan which helps to lower the blood cholesterol level and prevents an increase in blood glucose level after meals.

The baking industry is especially interested in oat because of its excellent water retention capacity which is a result of the chemical composition of β -glucan. However, β -glucan does not have similar viscoelastic properties to gluten in wheat, which causes challenges in oat baking. The higher the target for oat content in the product, the more difficulties there will be in the baking process. Because of the water retention capacity of oat, bread remains moist and fresh longer but at the same time, excessive moisture may affect bread shelf life and microbiological quality negatively.

The aim of this thesis was to study how possible changes in the moisture content of oat raw material affect the moisture content of bread. The oat content of the bread was increased significantly as a result of the product development.

The moisture content of doughs and pieces of bread was analyzed on the day of production and the day before best before date. The analysis methods comprised farinograms, moisture analyses, and oven drying. Data about the relative humidity of the oat raw material, the storeroom, and the bakery hall were collected in addition to the analysis results. In addition, the process parameters of intermediate oat product preparation, data from the automatic dosing system, and the temperatures of the doughs were gathered.

As a result, no connection was detected between the moisture content of the oat raw material and the moisture content of the bread.

KEYWORDS:

Oat, industrial baking, baking technology, moisture analysis

SISÄLTÖ

SANASTO JA KÄYTETYT LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
2 KAURA	10
2.1 Ravintokuitu	10
2.2 Kauran β -glukaani	11
2.3 Kaura teollisuusleivonnan raaka-aineena	13
2.4 Kauraleivän kosteuspitoisuuteen vaikuttavia tekijöitä	14
3 TUOTTEEN VALMISTUSPROSESSI	15
4 KÄYTETYT ANALYYSIMENETELMÄT	16
4.1 Myllyn raaka-aineanalyysit	16
4.2 Kosteusanalyysiaattorin toimintaperiaate	16
4.3 Uunikuivauksen periaate	17
4.4 Kosteusanalyysit	17
4.5 Farinografin toimintaperiaate	18
5 NÄYTTEIDEN JA DATAN KERÄYS SEKÄ ANALYSOINTI	19
5.1 Taikina- ja leipänäytteiden kerääminen	19
5.2 Taikina- ja leipänäytteiden analysointi	20
5.3 Datan kerääminen ja analysointi	20
6 TULOKSET	22
7 TULOSTEN TARKASTELU JA POHDINTA	35
8 YHTEENVETO	37
LÄHTEET	38

KAAVAT

Kaava 1 Näytteestä haihtuneen kosteuden määrän laskeminen massaprosentteina. 17

KUVAT

Kuva 1. Viljan käyttö teollisuudessa vuonna 2016. (Karppinen 2017)	8
Kuva 2. Amyloosin, selluloosan ja β -glukaanin kemialliset rakenteet (Higdon ym. 2012).	10
Kuva 3. (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -D-glukaanin rakenne (Flander 2012).	12
Kuva 4. Kauraleipä ennen reseptin ja prosessin optimointia (A), reseptin optimoinnin jälkeen (B) ja prosessin optimoinnin jälkeen (C). (Flander ym. 2007, 860-870)	13

KAAVIOT

Kaavio 1. Näytteiden keräämisen prosessikaavio. Näytteitä kerättiin tähdellä merkityistä vaiheista.	19
Kaavio 2. Testipäivinä käytettyjen kauraraaka-aineiden vedensidontakyky ja kosteuspitoisuus (%).	23
Kaavio 3. Raaka-ainevaraston ja leipomohallin suhteellinen ilmankosteus testipäivinä.	24
Kaavio 4. Taikinoiden lämpötilat välituote-erän alussa ja lopussa.	25
Kaavio 5. Farinogrammien tulokset.	26
Kaavio 6. Taikinasta haihtuneen kosteuden määrä AND-halogeenikuivaimella analysoituna.	27
Kaavio 7. Tuoreesta leivästä haihtuneen kosteuden määrä AND-halogeenikuivaimella analysoituna.	28
Kaavio 8. Leivästä haihtuneen kosteuden määrä toiseksi viimeisenä myyntipäivänä AND-halogeenikuivaimella analysoituna.	29
Kaavio 9. Leivästä haihtuneen kosteuden määrä toiseksi viimeisenä myyntipäivänä uunikuivausmenetelmällä analysoituna.	30
Kaavio 10. Näytteestä haihtuneen kosteuden määrän vaihtelu testipäivän, analysointivaiheen ja analyysimenetelmän mukaan.	31
Kaavio 11. Näytteen koon ja näytteestä haihtuneen kosteuden määrän välinen yhteys uunikuivausmenetelmää käytettäessä.	32
Kaavio 12. Kauraraaka-aineen kosteuspitoisuuden muutoksen vaikutus näytteestä haihtuneen kosteuden määrään analysointivaiheen mukaan.	33
Kaavio 13. Kauraraaka-aineen vedensidontakyvyn muutoksen vaikutus näytteestä haihtuneen kosteuden määrään analysointivaiheen mukaan.	34

SANASTO JA KÄYTETYT LYHENTEET

Fytokemikaali	Bioaktiivinen yhdiste tai ainesosa, jolla on elintarvikkeessa positiivinen terveyttä edistävä vaikutus (Leipätiedotus ry 2018)
LDL-kolesteroli	LDL = Low Density Lipoprotein, kutsutaan myös pahaksi kolesteroliksi (Eskelinen ym. 2016)
Megatrendi	Globaali muutosilmiö (Dufva 2017)
PEP -1	Toiseksi viimeinen myyntipäivä
TA	Taikinaerän alku
TL	Taikinaerän loppu
VA	Välituote-erän alku
VL	Välituote-erän loppu

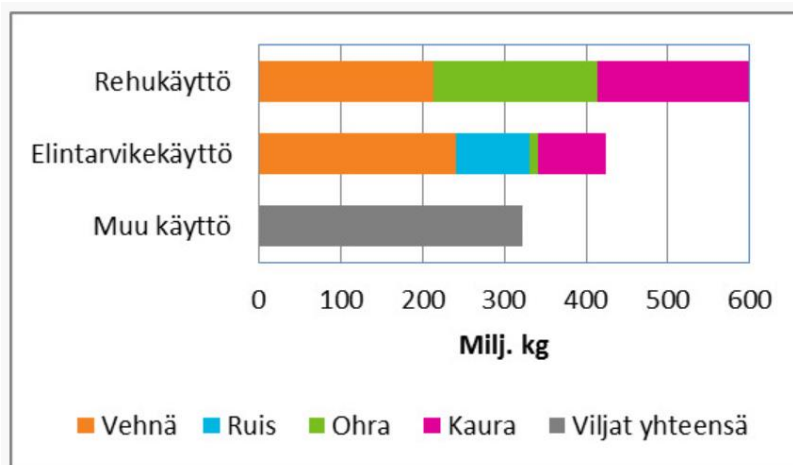
1 JOHDANTO

Sitran vuonna 2015 tekemän megatrenditutkimuksen mukaan suomalaiset ovat viime vuosina olleet nousujohteisesti kiinnostuneita terveydestään ja hyvinvoinnistaan (Vataja 2015). Tämä näkyy myös elintarviketeollisuuden pyrkimyksenä tuoda markkinoille terveysvaikutteisia elintarvikkeita (Wrang ym. 2010). Kauran (*Avena sativa*) suosiota elintarvikeraaka-aineena on nostanut muun muassa nyhtökauran tulo markkinoille (Leponiemi 2018).

Kauratuotteiden suosion kasvua selittää osaltaan kauraan liitetyt terveysväitteet, joiden mukaan kauran on todettu olevan hyväksi etenkin sydämelle ja suolistolle (Pentikäinen 2017). Kokojyväkaura sisältää paljon hyödyllisiä ravintoaineita, kuten liukenevaa kuitua, proteiinia, tyydyttymättömiä rasvahappoja, vitamiineja, mineraaleja ja fytokemikaaleja. Ravintokuidut, kuten β -glukaani, niiden antioksidantit ja muut fytokemikaalit saattavat suojata sydän- ja verisuonitaudeilta sekä joiltakin syöpätyypeiltä. (Flander ym. 2007, 860-870)

Sydän- ja verisuonitaudit ovat yleisin kuolinsyy niin Euroopan Unionin jäsenvaltioissa kuin Euroopassa ylipäätään. Sepelvaltimotautiin kuolee vuosittain EU:n jäsenvaltioissa yli 1,9 miljoonaa ja Euroopassa yli 4,35 miljoonaa henkilöä. Kohonnut veren kolesterolipitoisuus on sepelvaltiotaudin riskitekijä. Tutkimuksissa on osoitettu, että veren kolesterolipitoisuus voi lääkityksen lisäksi laskea ruokavalio- ja elämäntapamuutoksilla. (European Food Safety Authority (EFSA) 2010)

Kauraa on elintarviketeollisuudessa perinteisesti käytetty lähinnä aamiaismurojen, puurojen ja keksien valmistamiseen (Laine 2011). Kauran käyttö elintarviketeollisuudessa on lisääntynyt 2010-luvulla tasaisesti, mikä on johtanut siihen, että satovuonna 2016-2017 kauran käyttö ylitti rukiin käytön kotimaisessa elintarviketeollisuudessa. Kauraa käytettiin 90 miljoonaa kiloa, mikä on miljoona kiloa enemmän kuin rukiin käyttömäärä satovuonna 2016-2017. Yhteensä kotimainen teollisuus käytti satovuonna 2016-2017 sekä kotimaista että ulkomailta tuotua viljaa 1,4 miljardia kiloa, josta elintarviketeollisuuden osuus oli noin kolmasosa eli 429 miljoonaa kiloa (Kuva 1). (Karppinen 2017)



Kuva 1. Viljan käyttö teollisuudessa vuonna 2016. (Karppinen 2017)

Luonnonvarakeskuksen tutkija Veli Hietaniemi visioi tämänhetkisen kauran suosion olevan vasta alkua monipuolisesti hyödynnettävän viljan tarinassa. Hietaniemen mukaan kauratuotteiden tulevaisuuden menestys riippuu asiakastarpeen luomisen, tutkimuksen ja innovatiivisen tuotekehityksen osaamisesta. Lisäksi tarvitaan osaavia viljelijöitä, jotka mahdollistavat lajike-erikoistuneen, terveellisen, turvallisen ja jäljitettävän kauraraaka-aineen tuottamisen. Muiksi kauran menestyksen avaintekijöiksi Hietaniemi listaa muun muassa viljaketjun osapuolien entistä paremman yhteistyön ja vuorovaikutuksen. Myös tulevaisuuden suunnitelmat niin tutkimuksen, kauran jalostuksen, viljelyn, viljelytekniikan kuin kauran tunnetuksi tekemisenkin osalta on oltava selvillä. (Hietaniemi 2018)

Markkinoille tuodaan jatkuvasti uusia kaurapohjaisia elintarvikkeita. Päätekijöitä kauran suosion kasvuun ovat muun muassa pitkään jatkunut kuluttajien pyrkimys terveellisempään elämään; kuluttajat haluavat syödä ravintoarvoiltaan rikasta ruokaa sekä vähentää lihan kulutusta ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Kaura täyttää kaikki tämän hetken ruokatrendit, joita ovat terveellisyys, gluteenittomuus, luonnonmukaisuus ja puhtaus (Hietaniemi 2018).

Elintarviketeollisuuden aloista etenkin leipomoteollisuus hyödyntää β -glukaanin vedensidontakykyä, sillä sisukseltaan kosteat tuotteet tuntuvat tuoreelta pidempään. Leivonnassa β -glukaanilla ei kuitenkaan ole samanlaisia viskoelastisia ominaisuuksia, kuin vehnän gluteenilla, joten kaurataikinan leipoutuvuus on huomattavasti huonompi kuin vehnätaikinan. (Flander ym. 2007, 860-870)

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, miten vaalean palaleivän leivonnassa käytettävän kauraraaka-aineen kosteuspitoisuuden mahdolliset muutokset ja kauraraaka-aineesta valmistettavan väli tuotteen käyttöaika ja prosessointi vaikuttavat lopputuotteen kosteuspitoisuuteen.

Tuotekehityksen tuloksena kauran määrää lopputuotteessa nostettiin huomattavasti muun muassa lisäämällä taikinaan uudella prosessilaitteistolla valmistettua väli tuotetta. On oleellista selvittää, kuinka paljon kaurakaara-aineen kosteuspitoisuuden muutokset vaikuttavat lopputuotteen kosteuspitoisuuteen, sillä leivän sisuksen liiallinen kosteus heikentää muun muassa leivän mikrobiologista laatua ja säilyvyyttä. Lopputuotteen halutaan kuitenkin säilyvän sisukseltaan kosteana, sillä se saa leivän tuntumaan tuoreelta pidempään.

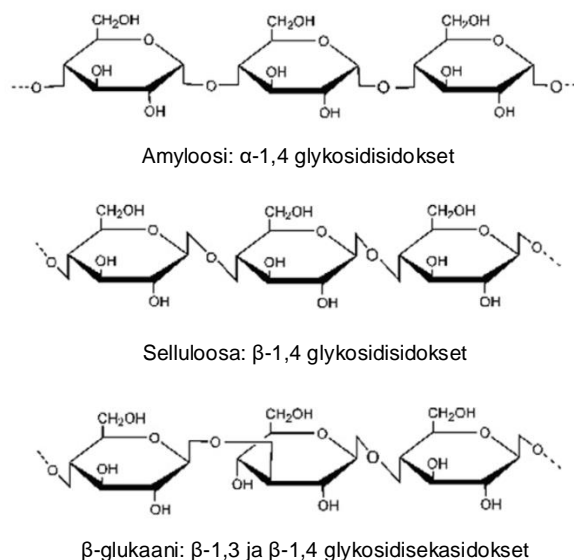
Taikinoiden konsistenssia analysoitiin farinografilla ja näytteistä haihtuvan kosteuden määrää kosteusanalysaattoreilla. Valmiista leivistä haihtuneen kosteuden määrää analysoitiin valmistuspäivänä ja toiseksi viimeisenä myyntipäivänä. Valmistuspäivänä analyysit suoritettiin kosteusanalysaattoreilla ja toiseksi viimeisenä myyntipäivänä myös uunikuivauksella.

2 KAURA

2.1 Ravintokuitu

Ravintokuidut ovat osa hiilihydraattien ravintoaineryhmää. Hiilihydraatit jaetaan kemiallisen rakenteensa mukaan yksinkertaisiin ja kompleksisiin hiilihydraatteihin. Yleisimpiä yksinkertaisia hiilihydraatteja ovat monosakkaridit kuten glukoosi, fruktoosi ja galaktoosi. (Hätönen ym. 2014) Polysakkarideja, joita kutsutaan myös kompleksihiilihydraateiksi (National Center for Biotechnical Information 1987), ovat tärkkelys, selluloosa ja glyko-geeni (Kiviniemi 2018). Monet luonnossa esiintyvät kompleksiset hiilihydraatit ovat kovalenttisesti sitoutuneet muihin molekyyleihin, kuten proteiineihin tai lipideihin (National Center for Biotechnical Information 1987).

Tärkkelys on tärkein kompleksinen hiilihydraatti. Suoraketjuinen tärkkelyspolymeeri on nimeltään amyloosi. (Hätönen ym. 2014) Ihmisen metabolia pystyy entsyymien avulla hydrolysoimaan ja sitä kautta tuottamaan energiaa useimmista hiilihydraateista. Tärkkelyksen ja selluloosan kemiallisten rakenteiden samankaltaisuudesta (Kuva 2) huolimatta ihmisillä haima tuottaa vain amyloosin pilkkomiseen tarvittavaa amylaasi-entsyymiä. Kohtuullinen määrä selluloosaa eli ravintokuitua on kuitenkin oleellinen osa ruokavaliota suoliston terveyden kannalta. (Kiviniemi 2018)



Kuva 2. Amyloosin, selluloosan ja β -glukaanin kemialliset rakenteet (Higdon ym. 2012).

Ravintokuidut ovat laaja ryhmä yhdisteitä, joista suurin osa on kompleksihiihihydraatteja, joita ihmisen ruuansulatusentsyymit eivät pysty hydrolysoimaan ohutsuolessa. Hiilihydraattien pilkkoutumisherkkyys riippuu glykosididosten konformaatiosta. (Higdon ym. 2012) Konformaatiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa atomien välinen yksinkertainen kovalenttinen sidos sallii atomien pyörähtämisen sidosakselin ympäri sidoksen katkeamatta (Hätönen ym. 2014).

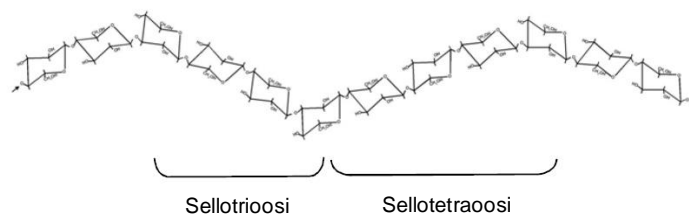
Ihmisen ruuansulatusentsyymit eivät pysty hydrolysoimaan useimpia β -glukoosisidoksia, mikä selittää sen, miksi ne pystyvät pilkkomaan amyloosin α -1,4-glukoosisidoksia, mutta eivät selluloosan β -1,4-glukoosisidoksia. Amyloosin, selluloosan ja β -glukaanin kemiallisten rakenteiden erot näkyvät Kuva 2. Ravintokuitujen rakenne-erot selittävät β -glukaanin suotuisia ominaisuuksia, sillä se hydrolysoituu vain osittain ruuansulatusentsyymien vaikutuksista ylläpitäen kylläisyyden tunnetta yllä pidempään. Tämä saattaa auttaa muun muassa painonhallinnassa. (Higdon ym. 2012)

Kuitujen kemiallisesti ainutlaatuisista rakenteista huolimatta ne pystytään luokittelemaan esimerkiksi liukenevuuden ja viskositeetin perusteella. Luokittelun avulla voidaan paremmin ymmärtää kuitujen fysiologisia vaikutuksia. Viskoosit kuidut, joita on muun muassa kaurassa, voivat alentaa seerumin LDL-kolesterolitasoa ja normalisoida veren glukoosi- ja insuliinivastetta. Runsas kuitujen saanti ravinnosta edistää suoliston terveyttä ehkäisemällä muun muassa ummetusta ja suolen umpipussitautia. (Higdon ym. 2012) Suomessa ravintokuidun saantisuositus naisilla on ≥ 25 g vuorokaudessa ja miehillä ≥ 35 g vuorokaudessa (Pastell 2017).

2.2 Kauran β -glukaani

Glukaanit ovat glukoosipolymeerejä, jotka ovat liittyneet toisiinsa α - tai β -sidoksin. Kemialliselta rakenteeltaan β -glukaanit ovat D-glukoosimonomeereja, jotka ovat liittyneet toisiinsa β -glykosididoksin. (El Khoury ym. 2011) Yleisesti β -glukaanit ovat viskooseja, helposti fermentoituvia ja liukoisia kuituja, joita on luontaisesti kaurassa, ohrassa, sienissä, hiivassa, bakteereissa ja levissä. Täysjyväkaura sisältää 10 - 15 % ravintokuitua, josta 3-5 % on vesiliukoista (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -D-glukaania. (Higdon ym. 2012)

Kauran β -glukaanit ovat pitkiä lineaarisia polysakkarideja, jotka koostuvat β -D-glukopyranoosiyksiköistä. Glukopyranoosiyksiköt yhdistyvät toisiinsa sekä β -1,4-glykosidisidoksin että β -1,3-glykosidisidoksin suhteessa 70:30. Noin 90 % (1 \rightarrow 4)- β -D-glukopyranooseista ilmenee kolmen (sellotrioosi) tai neljän (sellotetraoosi) yksikön ryhmissä (Kuva 3). Ryhmiä erottaa yksi (1 \rightarrow 3)-sidokse, joka tekee polysakkaridiketjusta joustavan ja vesiliukoisin. (Flander 2012) Sekasidokset ovat oleellisia β -glukaanin fysiologisten ominaisuuksien kannalta (European Food Safety Authority (EFSA) 2010).



Kuva 3. (1 \rightarrow 3), (1 \rightarrow 4)- β -D-glukaanin rakenne (Flander 2012).

Tutkimuksissa on havaittu kauran korkeaviskoosisen β -glukaanifraktion laskevan veren kolesterolin sekä glukoosipitoisuutta. Ollakseen fysiologisesti aktiivinen ja muodostaakseen viskoosin liuoksen suolistossa, β -glukaanin on oltava liukoista ja konsentraation sekä molekyylipainon on oltava riittävän korkeat. Molekyylipainon on raportoitu olevan pienempi valmiissa tuotteessa kuin β -glukaania sisältävässä raaka-aineessa. Markkinoilla olevissa kauratuotteissa β -glukaanin molekyylipaino vaihtelee noin 100 - 2000 kDa välillä. (European Food Safety Authority (EFSA) 2010)

Kauran β -glukaanin määrä, liukoisuus, molekyylipaino ja rakenne tuotteessa riippuu raaka-aineesta, hapetusreaktioista, endogeenisestä β -glukanaasiaktiivisuudesta, prosessoinnista ja varastointiolosuhteista. Kaikki edellä mainitut tekijät voivat johtaa viskositeetin, liukoisuuden sekä β -glukanaanin molekyylipainon merkittävään laskuun huonontuen samalla myös tuotteen terveysvaikutuksia. (Flander 2012) Pelkkä raaka-aineen korkea β -glukaanikonsentraatio ei siis riitä takaamaan β -glukaanin fysiologisia ominaisuuksia taikinassa ja tuotteessa, vaan muun muassa oikeaoppinen prosessointi ja entsyymiaktiivisuuden kontrollointi on välttämätöntä (Laine 2011).

Kauran β -glukaanilla on EU:n elintarviketurvallisuusvirasto EFSA:n hyväksymät terveysväitteet liittyen veren kolesterolipitoisuuden laskuun ja aterianjälkeiseen verensokerin nousun hillitsemiseen (European Food Safety Authority (EFSA) 2010). Ensimmäisen väitteen mukaan β -glukaanit edistävät veren kolesterolitasojen pysymistä normaalina, mikäli nautittava annos sisältää vähintään 1 g:n kaurasta tai ohrasta peräisin olevia β -

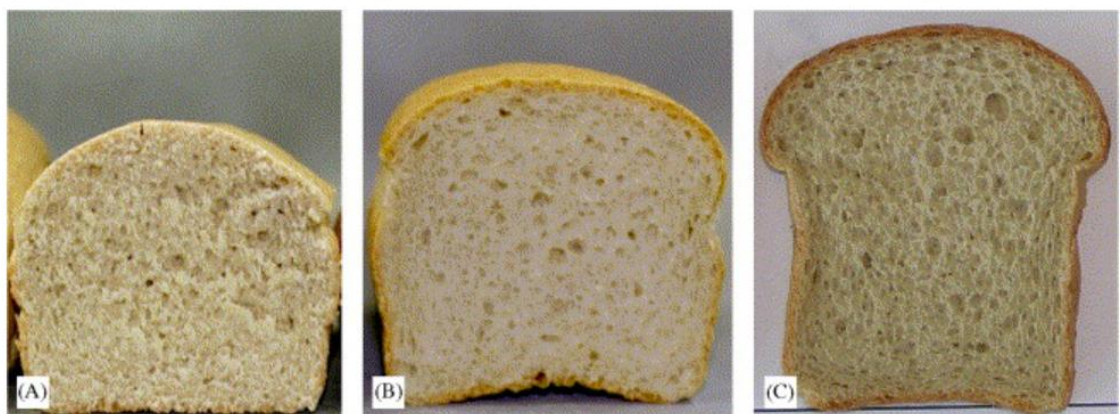
glukaaneja ja päivittäinen saanti on vähintään 3 g. Toisen väitteen mukaan betaglukaaniin nauttiminen osana aterialla auttaa vähentämään veren glukoosipitoisuuden kohoamista kyseisen aterian jälkeen, mikäli jokaista nautittua 30 g:a imeytyvää hiilihydraattia kohden annos sisältää 4 g β -glukaania. (Euroopan komissio 2012)

2.3 Kaura teollisuusleivonnan raaka-aineena

Täysjyväkaura on houkutteleva raaka-aine leipomotuotteissa terveysvaikutustensa takia. Kauran β -glukaanit ovat konsentroituneet lähinnä jyvän kuoriosaan (Flander 2012), mikä selittää täysjyväkauran suosion. Kauralla on sisältämänsä β -glukaaniin ansiosta erinomainen vedensidontakyky, joten leipä pysyy tuoreen tuntuksena pidempään. Kauran, kauratärkkelyksen tai -lesitiinin lisääminen vehnätaikinaa hidastaa leivän vanhene- mista. (Flander ym. 2007, 860-870)

Taikinassa β -glukaani imee painoonsa nähden moninkertaisen määrän vettä. Leivontaominaisuuksien kannalta β -glukaani saattaa imeä itseensä liian paljon vettä, jolloin kauratärkkelyksen liisteröitymiselle vaadittava vesi jää vähäiseksi ja taikinan leivontaominaisuudet kärsivät. (Laine 2011)

Kauran lisääminen taikinaan nostaa leivän β -glukaanipitoisuutta ja parantaa näin ravintoarvoja verrattuna vehnäleipään. Aiemmin tehdyissä tutkimuksissa on todettu, että leivän fysikaaliskemialliset ominaisuudet kuten ominaistilavuus (Kuva 4), leivän sisuksen väri ja leivän kovuus kuitenkin muuttuvat huomattavasti (Tiwari ym. 2013, 300-313).



Kuva 4. Kauraleipä ennen reseptin ja prosessin optimointia (A), reseptin optimoinnin jälkeen (B) ja prosessin optimoinnin jälkeen (C). (Flander ym. 2007, 860-870)

Kauran käyttö suurissa määrin aiheuttaa ongelmia leivontaprosessissa, sillä kauran proteiineilla ei ole samanlaisia ainutlaatuisia viskoelastisia ominaisuuksia hiivataikinassa kuin vehnän gluteenilla. Kaurataikinoiden huonoa leipoutuvuutta voidaankin kompensoida lisäämällä taikinaan gluteenia, joka vahvistaa proteiinimatriisia ja parantaa kauraleivän rakennetta. (Flander ym. 2007, 860-870)

Mikäli kauraleivän β -glukaanipitoisuus halutaan nostaa sellaiselle tasolle, että voidaan käyttää EU komission hyväksymää terveystäitettä kolesterolin alenemisessa (1 g/annos, 3 g/vrk), on leivonnassa käytettävä vähintään 50 % kokojyväkaurajauhoa vehnäjauhon määrään verrattuna. Yksi annos vastaa esimerkiksi kahta siivua (à 30 g) leipää. Toinen vaihtoehto vaaditun β -glukaanitason saavuttamiseksi tuotteessa on käyttää kauraleseitä tai kauralesekonsentraattia, joiden β -glukaanipitoisuus on korkeampi kuin kaurajauhossa. (Flander 2012)

Vuonna 2015 Fazer Mylly julkaisi innovaation, jossa kaurasta erotetaan terveystaiteisia ainesosia kuten β -glukaania (Perkonoja 2015). Myös tällä kaurajalosteella tuotteen β -glukaanipitoisuutta voidaan nostaa EU:n terveystaiteuttamisen vaatimalle tasolle.

2.4 Kauraleivän kosteuspitoisuuteen vaikuttavia tekijöitä

Kauraleipätaikinän gluteeni- ja vesipitoisuuden on todettu vaikuttavan positiivisesti muun muassa leivän ominaistilavuuteen, aistittavaan pehmeyteen, elastisuuteen ja sisuksen kosteuteen. Tutkimuksessa optimaalisin leivän sisuksen rakenne ja kosteus saavutettiin samalla gluteeni- ja vesipitoisuudella kuin optimaalinen leivän tilavuus ja kovuus. (Flander ym. 2007, 860-870)

Paiston jälkeen leivän lämpötilan laskiessa tärkkelys kiteytyy uudelleen ja leipä kovettuu. Tärkkelyksen uudelleenkiteytyminen on merkittävin leivän vanhenemiseen vaikuttava ilmiö. Jäähtyessä leivästä haihtuu kosteutta, joten kuivuminen on välttämätöntä. Kosteus siirtyy leivän sisuksesta kuoreen, jolloin kuori menettää rapeutensa. Jäähtymisen jälkeistä kuivumista voidaan ehkäistä pakkaamalla tuote muovipussiin. Leipä alkaa menettää tuoreentuntuaan parissa päivässä, vaikka leipä on vielä syömäkelpoista. Muovissa säilytettyyn vaaleaan tai sekaleipään ilmestyy hometta viimeistään 3-4 päivän kuluessa, vaikka tuotantohygienia olisi erinomaisella tasolla. (Leipätiedotus ry 2018)

3 TUOTTEEN VALMISTUSPROSESSI

Tuotteen valmistusprosessi on salassapitosopimuksen alaista tietoa.

4 KÄYTETYT ANALYYSIMENETELMÄT

4.1 Myllyn raaka-aineanalyysit

Kauraraaka-aineesta analysoidaan myllyllä muun muassa kosteuspitoisuus, pölyisyys, ominaispaino ja vedensidontakyky. Tutkimusajanjaksolla kauraraaka-aineen kosteuspitoisuuden vaihteluväli oli 8,9 - 11,1 % ohjearvon ollessa 11,5 % ja raja-arvojen ollessa 10,5 - 12,5 %. Vedensidontakyvyn vaihteluväli oli 158 - 162 % pysyen tavoitearvojen (155 - 195 %) sisällä.

4.2 Kosteusanalyssaattorin toimintaperiaate

Käytetyt kosteusanalyssaattorit ovat AND MX-50 -halogeenikuivaimia, jotka ovat peruseriaatteen tarkkuusvaakoja, jotka punnitsevat näytettä jatkuvasti kuivattamisen aikana ilmoittaen näytöllä painohäviön prosentteina näytteen alkupainosta. Analyssaattori kuivattaa näytettä, kunnes haihtumisnopeus laskee alle 0,05 %/min. Kosteusanalyssaattorin punnitustarkkuus on 0,001 g ja tuloksen tarkkuus 0,01 %.

Taikinan ja leivän analysointiin käytetään analyssaattoreihin valmiiksi ohjelmoituja lämpötilaohjelmia, jotka kummatkin ovat kaksiporaisiakin. Taikinaohjelmassa näyte lämmitetään aluksi 2 min ajaksi 150 °C:een, jonka jälkeen lämpötila laskee 130 °C:een, jossa se pysyy, kunnes haluttu kosteuden haihtumisnopeus on saavutettu. Leipäohjelma on muutoin sama, mutta näyte lämmitetään aluksi 2 min 170 °C:ssa. Kaikista näytteistä tehdään 3 rinnakkaista määrittystä samaan aikaan eri laitteilla. Yksi analyysi kestää 30 - 45 minuuttia. Kosteusanalyssaattoreiden antamista tuloksista lasketaan näytekohtainen keskiarvo.

Ennen kosteusanalyysin aloittamista näytteet valmistellaan. Taikinanäytettä varten taa-rataan kaksi suodatinpaperialustaa. Toiselle paperialustalle punnitaan näytettä 2 - 3 g, asetetaan toinen suodatinpaperi päälle ja painetaan tasaiseksi siihen tarkoitetulla väli-neellä. Papereiden väliin puristettu näyte asetetaan kosteusanalyssaattorin alustalle ja käynnistetään analyysi.

Leipänäytteet valmistellaan leikkaamalla keskeltä tuotetta edustava näyte, joka on noin 0,5 cm levyinen siivu. Siivu leikataan 3 osaan ja sekoitetaan kansi- ja pohjapalat siten,

ettei alun perin vastakkain olleet palat ole samassa analysaattorissa huolehtien kuitenkin siitä, että jokaisessa analysaattorissa on sekä kansi- että pohjapala. Näytteen koko on 2 - 5 g. Leipäpalat asetetaan kosteusanalysaattorin alustalle ja käynnistetään analyysi.

4.3 Uunikuivauksen periaate

Uunikuivauksessa näytteitä kuivataan 2 h 130 °C:ssa uunissa. Näytteet asetetaan punnittuihin kannellisiin hioksellisiin lasimaljoihin, joita on säilytetty huoneenlämmössä. Maljat punnitaan uudelleen näytteiden kanssa ennen uuniin laittamista. Näytteiden annetaan haihtua uunissa 2 h ilman kansiä. Uunista pois otettaessa maljat suljetaan ja siirretään eksikaattoriin jäähtymään. Jäähdytys huoneenlämpöön kestää 30 - 60 min. Tämän jälkeen maljat punnitaan ja lasketaan näytteistä haihtuneen kosteuden määrä massaprosentteina tuoreen näytteen painosta seuraavasti:

$$\frac{m_{\text{näyte ennen kuivausta}} - m_{\text{näyte kuivauksen jälkeen}}}{m_{\text{näyte ennen kuivausta}}} \cdot 100 \%$$

Kaava 1 Näytteestä haihtuneen kosteuden määrän laskeminen massaprosentteina.

Näytteen esikäsittely tehdään leikkaamalla leivän keskeltä edustava näyte, joka on noin 0,5 cm levyinen siivu. Kosteusanalysaattorinäytteiden esikäsittelystä poiketen näytteen koko on 5 - 10 g eli koko leikattu siivu taitetaan punnittuun lasimaljaan. Kaikista näytteistä tehdään rinnakkaiset määritykset.

4.4 Kosteusanalyysit

Kosteutta analysoitiin sekä taikinoista että valmiista tuotteista. Valmiiden tuotteiden analyysit suoritettiin valmistuspäivinä kosteusanalysaattorilla ja toiseksi viimeisenä myyntipäivänä lisäksi uunikuivauksella tulosten vertailtavuuden vuoksi. Kosteusanalyysituloksia verrataan tuotekortissa oleviin arvoihin, jotka on määritetty tuotekehityksen yhteydessä tuoreesta leivästä arvoon 37,5 - 39,5 % ja viimeisenä myyntipäivänä arvoon 36,5 - 38,5 %.

4.5 Farinografin toimintaperiaate

Farinografi mittaa vääntömomenttia, jonka taikina aiheuttaa laitteen pyöriville koukuille. Vääntömomentti on suoraan verrannollinen taikinan viskositeettiin ja konsistenssiin. Mitatessaan taikinan vääntömomenttia, tietokoneohjelma arvioi automaattisesti mitattua dataa kansainvälisiä standardeja noudattaen sekä tallentaa ja piirtää reaaliajassa kuvaajaa eli farinogrammia vääntömomentista ajan funktiona. Farinogrammi antaa tietoa jauhon vedensidontakyvystä sekä taikinan prosessointi- ja laatuominaisuuksista. (Brabender GmbH & Co 2009)

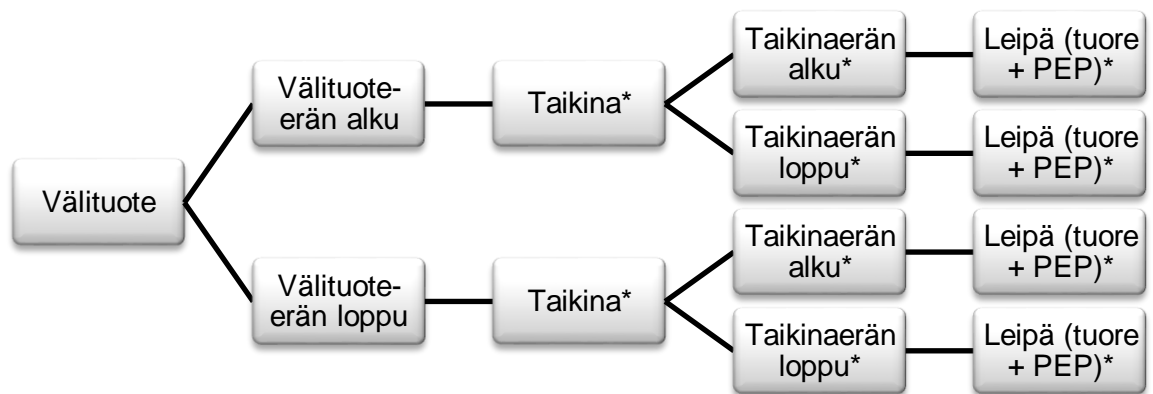
Ennen mittauksen aloittamista varmistetaan, että farinografin termostaatti on 30 °C:ssa ja taikinakaukalo puhdas. Mittaus suoritetaan punnitsemalla farinografin kaukaloon 300 g mahdollisimman käsittelemätöntä taikinaa. Mittaus käynnistetään ja annetaan laitteen mitata 2 min, jonka jälkeen kirjataan ylös farinogrammin keskiarvo kuvaajasta 2 min päästä käyrän alkupisteestä. Tulos ilmoitetaan 10 yksikön tarkkuudella Brabender-yksiköinä, jonka lyhenne on BU. (Toimeksiantajayritys 2017) Tulosta verrataan tuotekortissa olevaan tavoitearvoon, joka on tuotekehityksen yhteydessä määritetty välille 230 - 260 BU heti taikinan sekoituksen jälkeen.

Analyyseissä käytettiin leipomon tuotantotiloissa olevaa Brabenderin Farinograph®-E -farinografia.

5 NÄYTTEIDEN JA DATAN KERÄYS SEKÄ ANALYSOINTI

5.1 Taikina- ja leipänäytteiden kerääminen

Taikinanäytteiden keräämisellä välituote-erän eri vaiheista selvitettiin, onko välituotteen tuoreudella vaikutusta taikinan ja lopputuotteen kosteuspitoisuuteen. Näytteenotto ajoitettiin välituote-erän vaihtumisen yhteyteen siten, että näytteet pyrittiin keräämään taikinasta, jossa välituote olisi mahdollisimman tuoretta. Samoin saman välituote-erän lopussa taikinanäytteet pyrittiin keräämään taikinasta, johon käytetty välituote olisi kokonaan samaa erää.



Kaavio 1. Näytteiden keräämisen prosessikaavio. Näytteitä kerättiin tähdellä merkityistä vaiheista.

Taikinanäytteitä kerättiin 3 eri vaiheesta (Kaavio 1) taikinan sekoituksen ja ekstruuderille kulkeutumisen välillä. Ensimmäinen näyte otettiin heti taikinan sekoituksen valmistuttua (Taikina*), 2. näyte noin 20 min kuluttua, kun taikinaerän alkua alettiin pumpata ekstruuderin suppiloon (Taikinaerän alku*) ja 3. näyte, kun taikinaerän loppu pumpattiin suppiloon (Taikinaerän loppu*).

Taikinanäytteitä vastaavat leipänäytteet kerättiin pakkauslinjalta linja läpimenoajan kuluessa. Jokaista näytettä otettiin 2 pussia, joista 1. analysoidiin valmistuspäivänä ja 2. toiseksi viimeisenä myyntipäivänä.

5.2 Taikina- ja leipänäytteiden analysointi

Taikinanäytteiden konsistenssia analysoitiin farinografilla punnitsemalla 300 g taikinaa jokaisesta edellä mainitusta analysointivaiheesta. Farinografin lämpötila tarkistettiin ja taikina asetettiin farinografin kaukaloon sekä käynnistettiin ohjelma. Farinogrammin keskiarvo kirjattiin ylös 2 min kuluttua testin alkamisesta. Farinografin termostaatin lämpötila oli 29 °C kaikkien analyysien aikana.

Taikinoista ja leivistä haihtuvan kosteuden määrän analysointiin käytettiin kosteusanalyysaattoriin valmiiksi ohjelmoituja lämpötilaohjelmia. Taikinanäytteitä punnittiin 2,0 - 2,5 g ja leipänäytteitä 2,0 - 3,2 g. Mikäli 3 rinnakkaisen analyysin tulokset poikkesivat toisistaan yli 2 %-yksikköä, analyysi toistettiin. Rinnakkaisista tuloksista laskettiin keskiarvo, jota verrattiin tuotekortin arvoon.

Uunikuivauksella analysoitiin leipiä toiseksi viimeisenä myyntipäivänä. Uuni esilämmitettiin 130 °C:een, jonka aikana tarvittavat lasimaljat punnittiin sekä tyhjänä että näytteen kanssa. Analysoitavista leivistä leikattiin keskeltä näytteeksi siivu, jonka massa oli noin 5 - 7 g. Näytteitä kuivattiin uunissa 2 h 15 min, jolla huomioitiin myös uunin lämpötilan takaisin nousuun vaadittava aika oven avaamisen aiheuttaman viilenemisen jälkeen. Maljojen annettiin jäähtyä eksikaattorissa noin 30 min, jonka jälkeen ne punnittiin ja laskettiin näytteestä haihtuneen kosteuden määrä. Tulosta verrattiin vastaavan leivän kosteusanalyysaattorin antamaan tulokseen sekä tuotekortin arvoon.

5.3 Datan kerääminen ja analysointi

Myllyn raaka-aineanalyysituloksien lisäksi kerättiin tietoa keskusvaraston ja leipomon sisäilman suhteellisesta kosteudesta analyysipäivinä, taikinoiden lämpötiloista sekä väli tuotteen valmistuksen prosessiparametreista. Myös tiedot taikinoiden raaka-aineiden automaattisen annostelujärjestelmän todellisista annostelluista raaka-ainemääristä kerättiin.

Varaston ja leipomon sisäilman kosteuteen vaikuttaa melko voimakkaasti ulkoilman kosteus. Viimeisenä analyysipäivänä sekä sitä edeltävä päivänä oli sateista, jolloin sekä varaston että leipomon sisäilman kosteus nousi noin 10 %-yksikköä. Keskusvaraston kosteutta seurataan kahdessa eri korkeudessa useassa eri pisteessä ja tiedot tallentuvat

kunnossapito-osaston olosuhdeseurantaohjelmistoon. Seuratut arvot vastasivat kauraraaka-aineen säilytys- ja käyttöpaikkaa. Varaston kosteus oli analyysipäivinä 16 - 31 % välillä ja leipomon kosteus 35 - 45 %. Leipomon sisäilman kosteutta seurattiin taikinakoneiden välisessä tolpassa olevasta hiuskosteusmittarista.

Kauraraaka-ainetta säilytetään leipomon keskusvarastossa muutamia päiviä suursäkissä ennen käyttöä, joten varaston kosteuspitoisuuden muutokset saattavat vaikuttaa kauraraaka-aineen kosteuspitoisuuteen. Säkki on valmistettu matalatiheyksisestä polyeteenistä (PE-LD) ja polypropeenista (PP). Varaston kosteudenseurannan mittapisteistä alempi (1,7 m) vastaa suunnilleen kauraraaka-ainesäkkien säilytyskorkeutta ja ylempi (3,0 m) korkeutta, jossa kauraraaka-ainesäkki roikkuu annostelun aikana.

Raaka-aineiden automaattiannostelussa ei havaittu merkittäviä annosteluvirheitä tutkitavien taikinoiden kohdalla. Myös välituotteen valmistuksen prosessiparametrit pysyivät kaikkina analyysipäivinä tavoitearvoissa eikä välituotteen käyttöaikaan vaikuttavia häiriöitä ilmennyt.

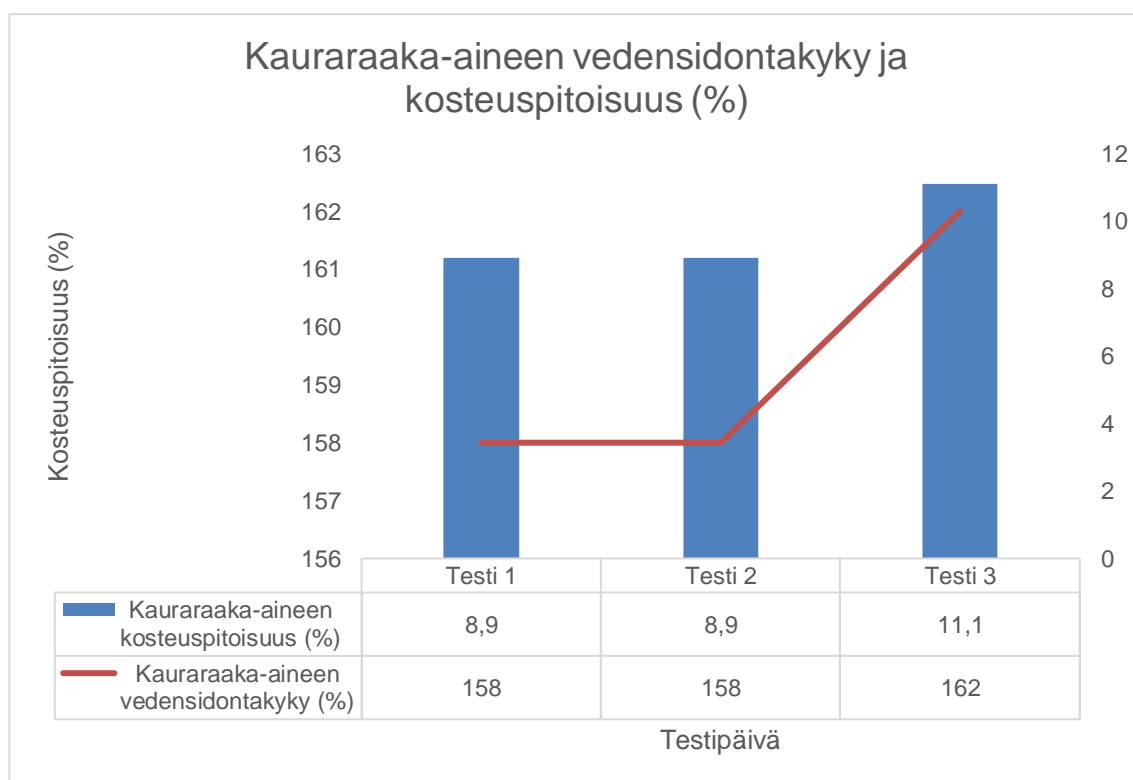
Taikinan lämpötila mitattiin digitaalilämpömittarilla heti sekoituksen päätyttyä. Taikinoiden keskilämpötila oli 33,2 °C vaihdellen 32,6 - 33,5 °C. Taikinan lämpötilan tavoitearvo on 31 - 33 °C.

6 TULOKSET

Työn tavoitteena oli selvittää, vaikuttavatko kauraraaka-aineen mahdolliset kosteuspitoisuuden muutokset ja kauraraaka-aineesta valmistettavan välituotteen prosessointi lopputuotteena olevan palaleivän kosteuspitoisuuteen. Taikinoiden konsistenssia analysoitiin farinografilla ja taikinoista sekä leivistä haihtuvan kosteuden määrää kosteusanalyysaattoreilla sekä uunikuivausmenetelmällä.

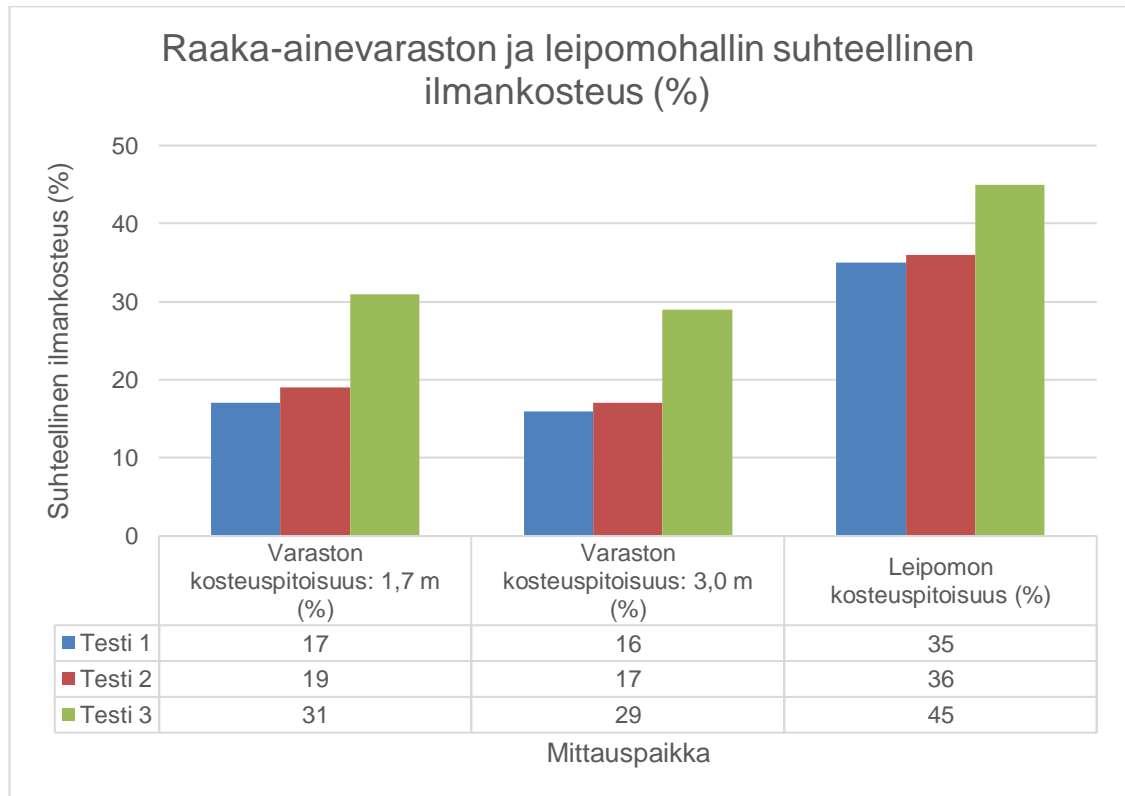
Muista mahdollisesti kauraraaka-aineen, taikinan tai leivän kosteuspitoisuuteen vaikuttavista tekijöistä kerättiin dataa. Tietoja kerättiin keskusvaraston ja leipomon suhteellisesta ilmankosteudesta, välituotteen valmistamisen prosessiparametreista sekä taikinoiden lämpötiloista.

Kauraraaka-aineen kosteuspitoisuuden vaihteluväli on ollut viimeisen vuoden aikana 8,9 - 12,6 % pysyen kuitenkin tavoitearvojen sisällä lukuun ottamatta kahden ensimmäisen testipäivän kauraraaka-aine-erää. Viimeisenä testipäivänä kauraraaka-aineen kosteuspitoisuus oli hieman alle ohjearvon. Kauraraaka-aineen vedensidontakyky on viimeisen vuoden aikana vaihdellut 153 – 180 %:iin alittaen tavoitearvon kerran. Testipäivinä vedensidontakyky oli lähellä tavoitearvon alarajaa (Kaavio 2).



Kaavio 2. Testipäivinä käytettyjen kauraraaka-aineiden vedensidontakyky ja kosteuspitoisuus (%).

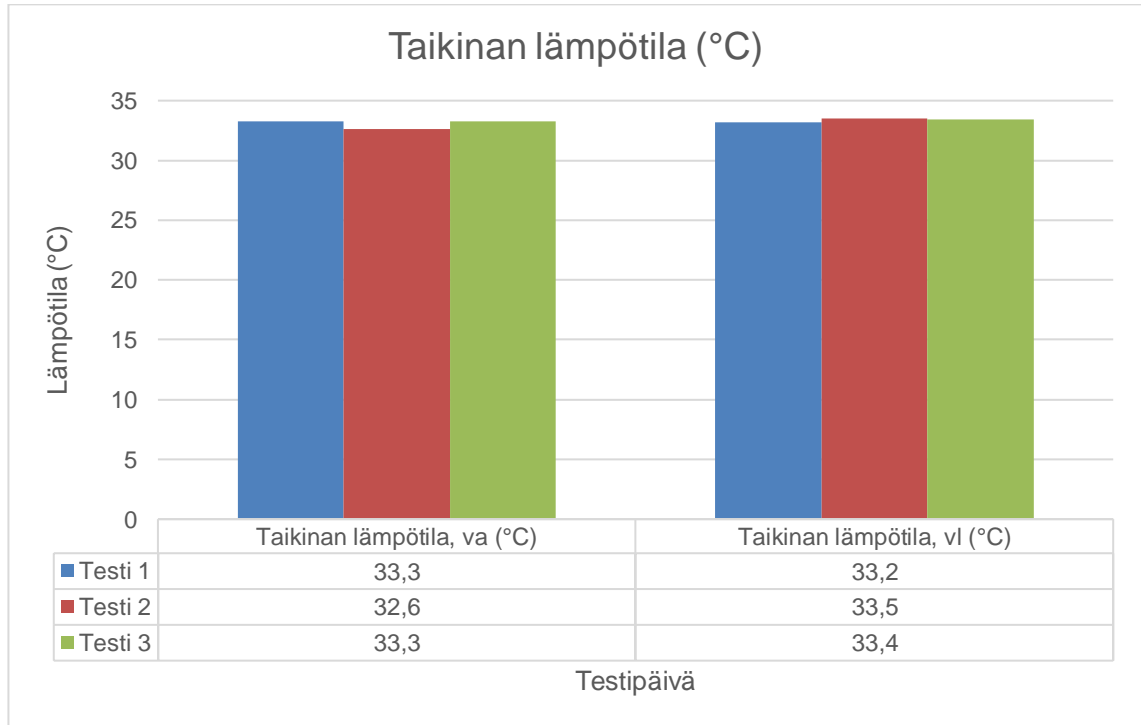
Keskusvaraston ja leipomon sisäilman suhteellinen kosteuspitoisuus vaihteli runsaasti (10 - 15 prosenttiyksikköä) tutkimusajanjaksolla ulkoilman suhteellisesta kosteudesta riippuen (Kaavio 3).



Kaavio 3. Raaka-ainevaraston ja leipomohallin suhteellinen ilmankosteus testipäivinä.

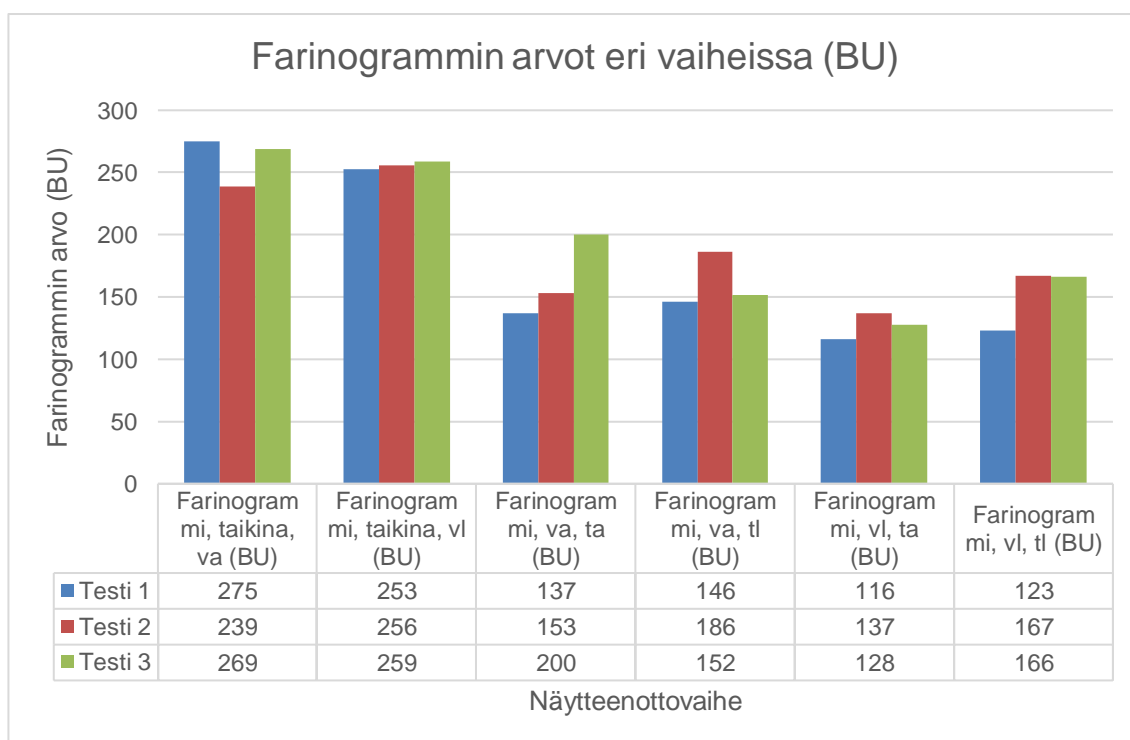
Väli tuotteen valmistamisen prosessiparametrit pysyivät vakiona, samoin automaattijärjestelmän annostelemien raaka-aineiden määrien vaihtelu pysyi sallituissa rajoissa.

Taikinat olivat keskimäärin hieman liian lämpimiä etenkin välituote-erän lopusta (VL) mitattuna. Välituote-erän alusta (VA) taikinan lämpötila oli raja-arvojen sisäpuolella vain toisena testipäivänä (Kaavio 4).



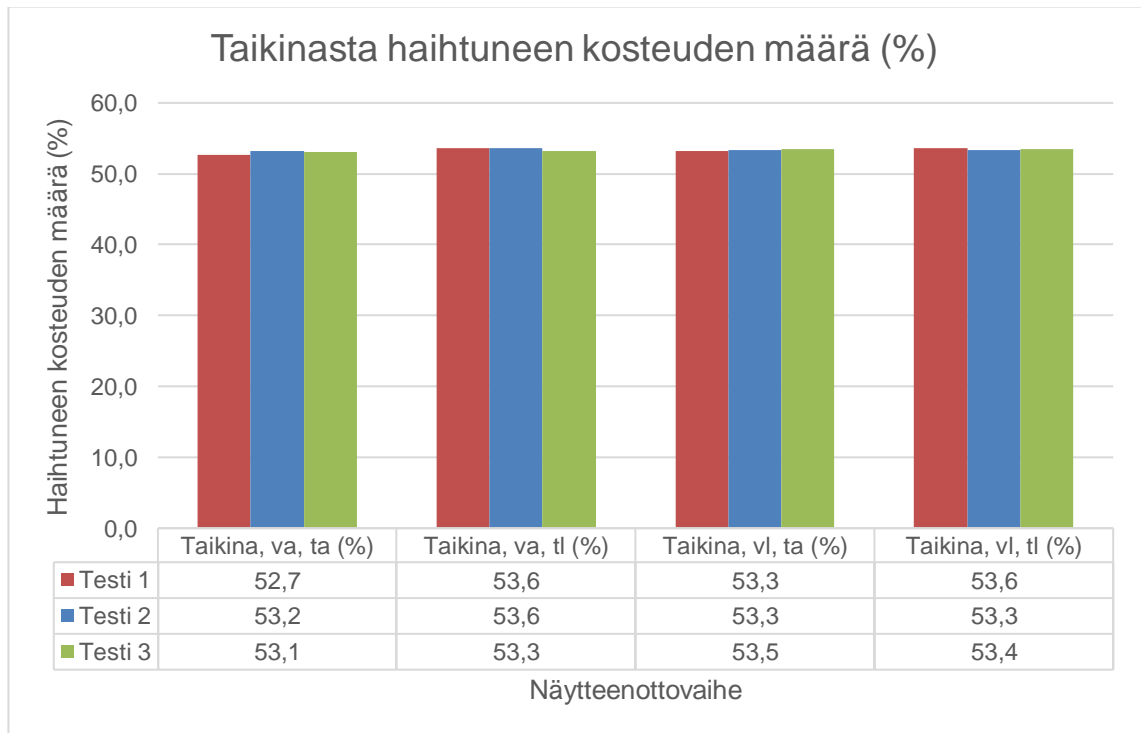
Kaavio 4. Taikinoiden lämpötilat välituote-erän alussa ja lopussa.

Kaavio 5 on esitetty farinografilla mitatut taikinan konsistenssin arvot BU-yksikköinä välituote-erän alusta (VA) ja välituote-erän lopusta (VL) heti taikinan sekoituksen jälkeen sekä taikinan paloittelun alkaessa (TA) ja taikinan paloittelun loppuessa (TL). Korkeimmillaan taikinan konsistenssi oli heti taikinan sekoituksen jälkeen lukuun ottamatta toista testipäivää. Taikinoiden konsistenssi laski taikinalevon aikana ennen paloittelun alkua kasvaen hieman taikinaerän loppua kohden lukuun ottamatta kolmatta testipäivää. Ero johtunee siitä, että kolmantena testipäivänä näytteet otettiin heti tuotannon alkaessa päivän ensimmäisestä välituote-erästä, kun aiempina päivinä näytteet kerättiin päivän toisesta välituote-erästä.



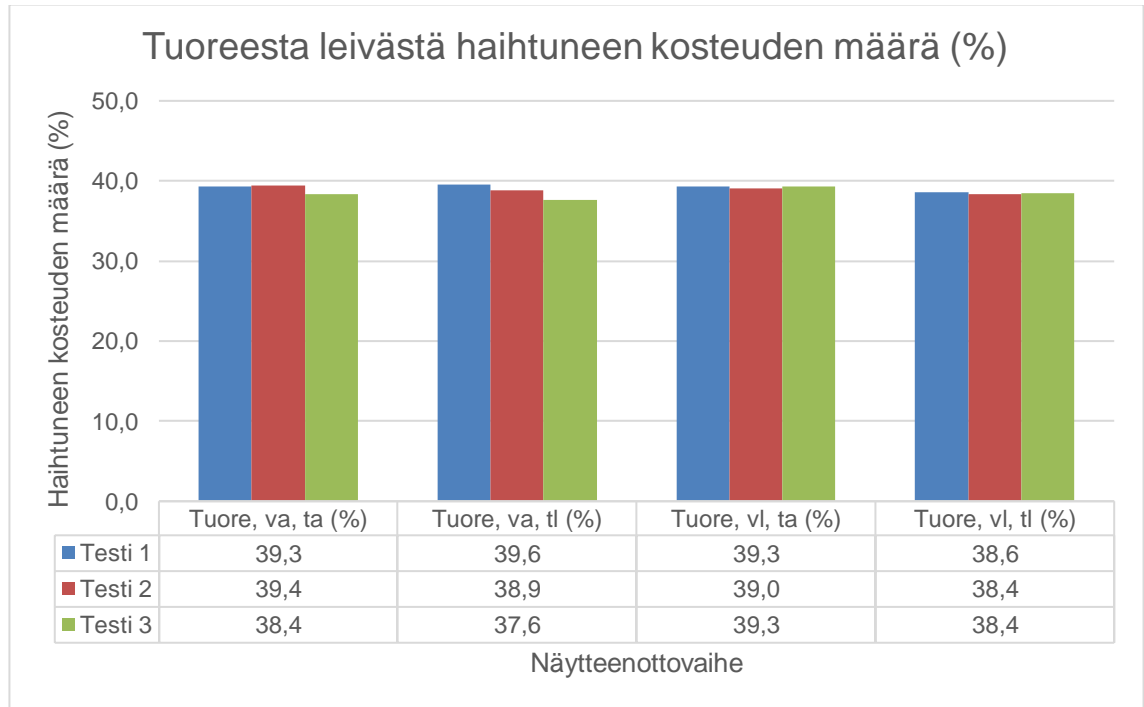
Kaavio 5. Farinogrammien tulokset.

Kauraraaka-aineen kosteuspitoisuuden ja vedensidontakyvyn muutokset tutkimusajan-
jaksolla eivät vaikuttaneet taikinan kosteuspitoisuuteen. Taikinasta haihtuvan kosteuden
määrän arvot pysyivät alle yhden prosenttiyksikön sisällä toisistaan vaihdellen 52,7 -
53,6 %:iin (Kaavio 6). Taikina oli keskimäärin kosteampaa taikinaerän lopusta (TL) mi-
tattuna sekä välituote-erän alussa (VA) että välituote-erän lopussa (VL).



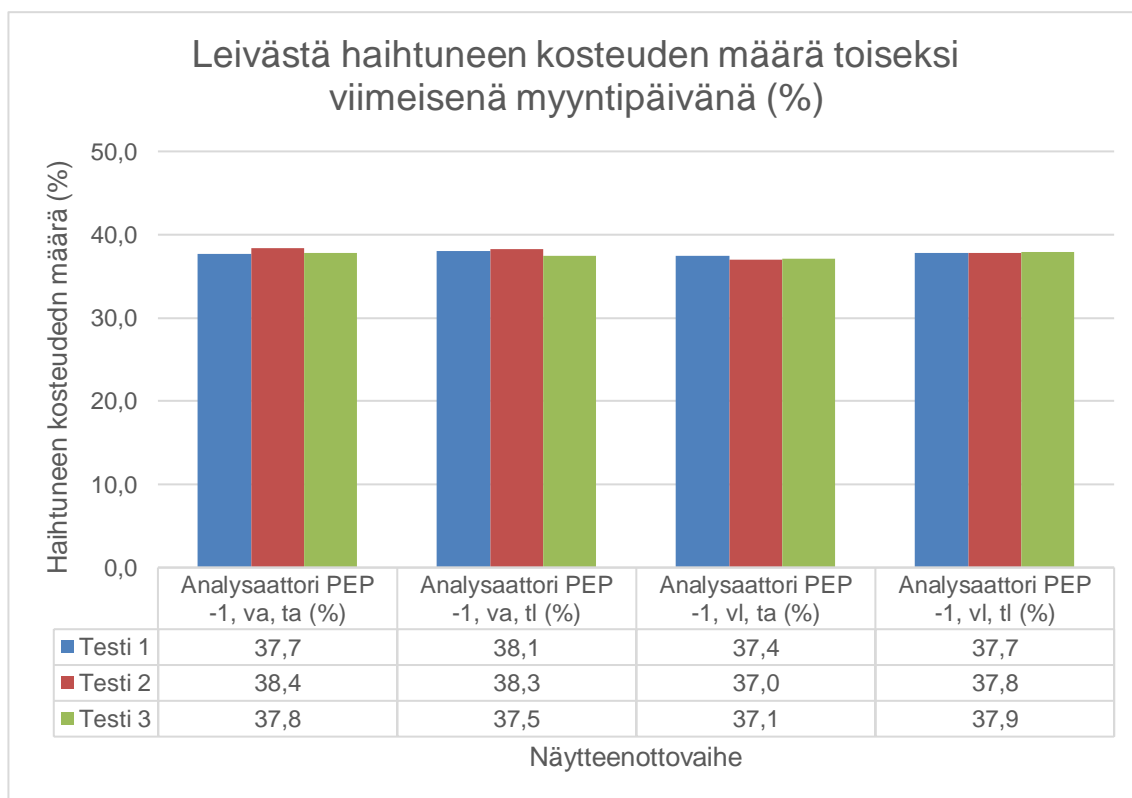
Kaavio 6. Taikinasta haihtuneen kosteuden määrä AND-halogeenikuivaimella analysoi-
tuna.

Taikinasta haihtuneen kosteuden määrällä ei ollut suoraa vaikutusta valmiista leivästä haihtuneen kosteuden määrän vaihteluun. Tuoreesta leivästä haihtuneen kosteuden määrä vaihteli tutkimusajanjaksolla 37,6 - 39,6 %:iin (Kaavio 7). Keskimäärin leivästä haihtui eniten kosteutta taikinän alusta (TA) mitattuna sekä välituote-erän alussa (VA) että lopussa (VL).



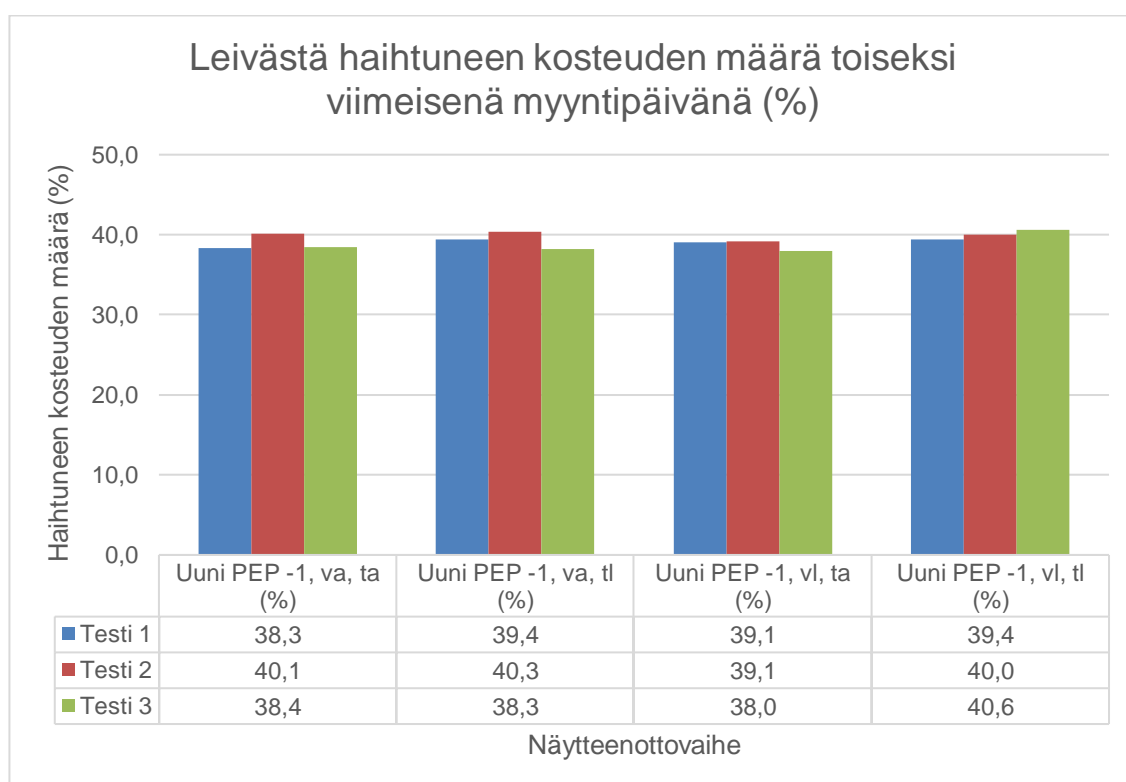
Kaavio 7. Tuoreesta leivästä haihtuneen kosteuden määrä AND-halogeenikuivaimella analysoituina.

Leivistä haihtuneen kosteuden määrä tuoreena ja toiseksi viimeisenä myyntipäivänä analysoituna eivät myöskään korreloineet keskenään tutkimusajanjaksolla. Leivistä haihtuneen kosteuden vaihteluväli toiseksi viimeisenä myyntipäivänä (PEP -1) oli 37,0 - 38,4 %. Leivistä haihtuneen kosteuden määrä oli korkeimmillaan välituote-erän alusta (VA) mitattuna ja kuivimmillaan välituote-erän lopusta (VL) taikinan alusta (TA) mitattuna (Kaavio 8).



Kaavio 8. Leivästä haihtuneen kosteuden määrä toiseksi viimeisenä myyntipäivänä AND-halokeenikuivaimella analysoituna.

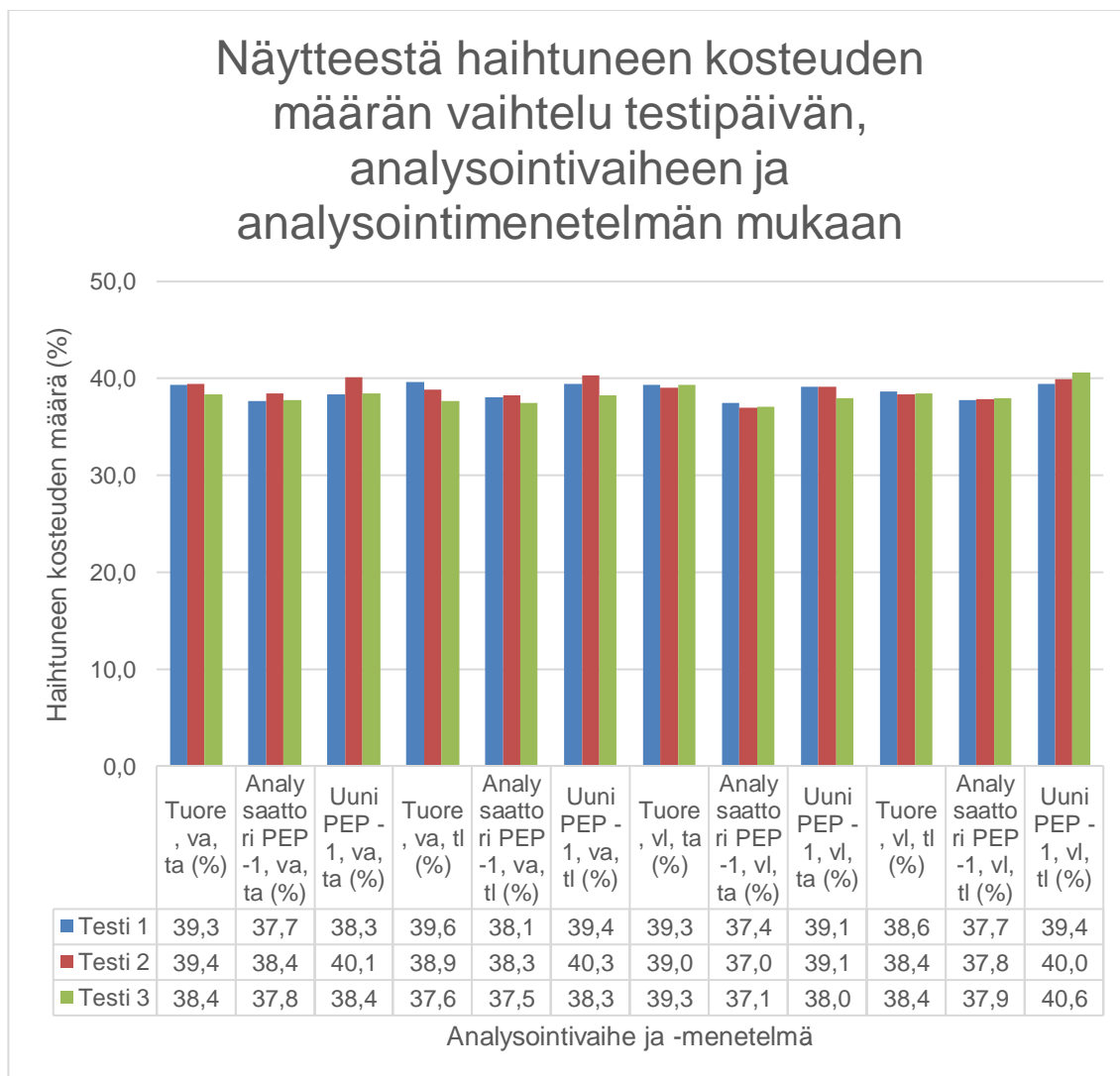
Leivistä haihtuvan kosteuden määrä toiseksi viimeisenä myyntipäivänä (PEP -1) analysoitiin myös uunikuivausmenetelmällä (Kaavio 9). Leivistä haihtuneen kosteuden määrä uunikuivausmenetelmällä vaihteli 38,0 - 40,6 %:iin. Uunikuivausmenetelmällä saatujen tulosten mukaan leivistä haihtuneen kosteuden määrä oli suurimmillaan taikinaerien lopussa (TL) sekä välituote-erän alussa (VA) että lopussa (VL) ja kuivimmillaan leivät olivat välituote-erän lopussa (VL) taikinaerän alussa (TA).



Kaavio 9. Leivästä haihtuneen kosteuden määrä toiseksi viimeisenä myyntipäivänä uunikuivausmenetelmällä analysoituna.

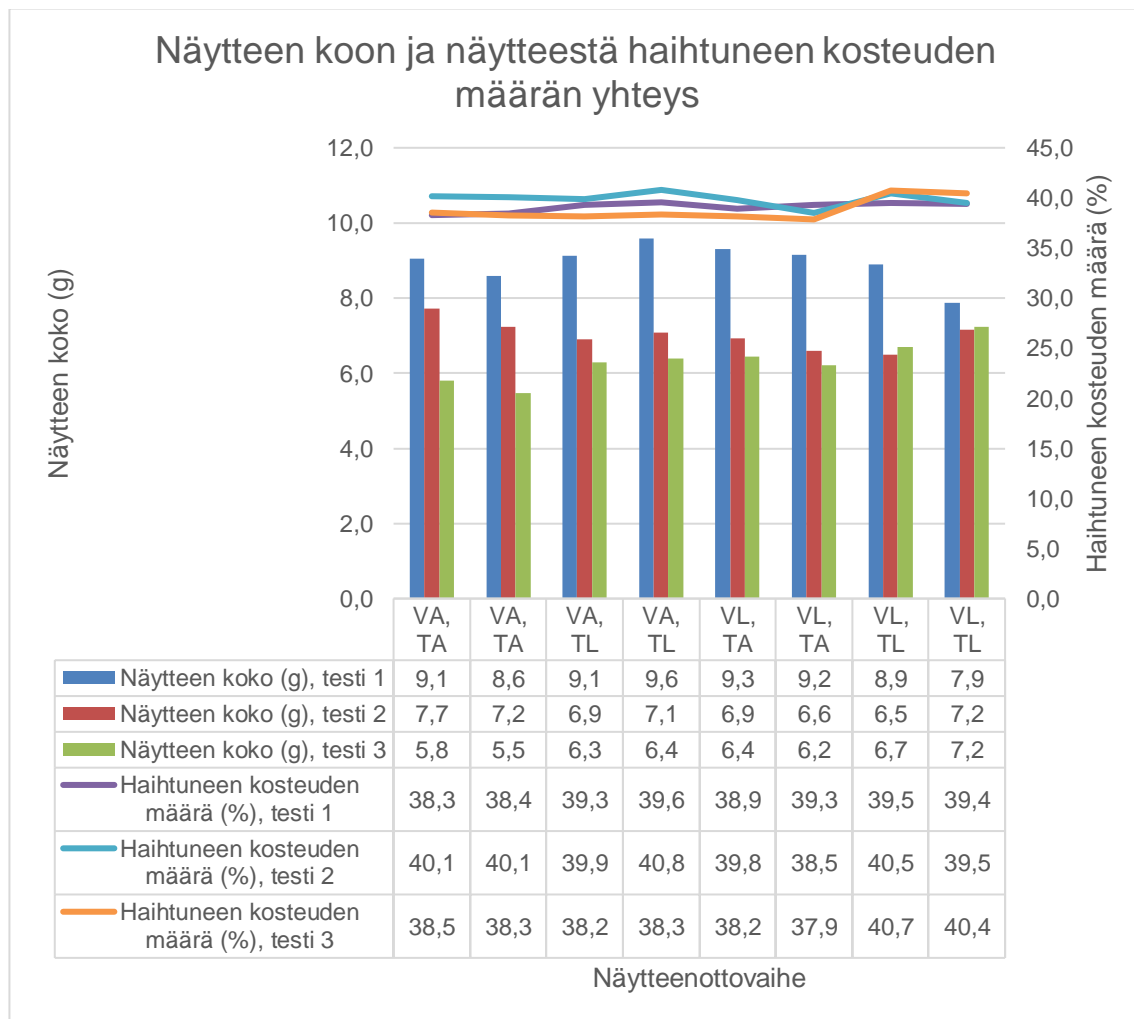
Uunikuivausmenetelmällä saadut tulokset eivät korreloineet juuri lainkaan kosteusanalyysointoreiden antamien tulosten kanssa. Kosteusanalyysointoreiden ja uunikuivauksen antamat tulokset samoista näytteenottovaiheista erosivat toisistaan enimmillään 2,7 % yksikköä.

Kaavio 10 on esitetty näytteistä haihtuneen kosteuden määrän vaihtelu testipäivän, analysointivaiheen ja analyysimenetelmän mukaan. Kuvaajan mukaan tulokset testipäivien, analysointivaiheiden ja analysointimenetelmien välillä olivat yhteneväisimpiä välituoterän lopusta (VA) taikinaerän alusta (TA) ja taikinaerän lopusta (TL) analysoituina.



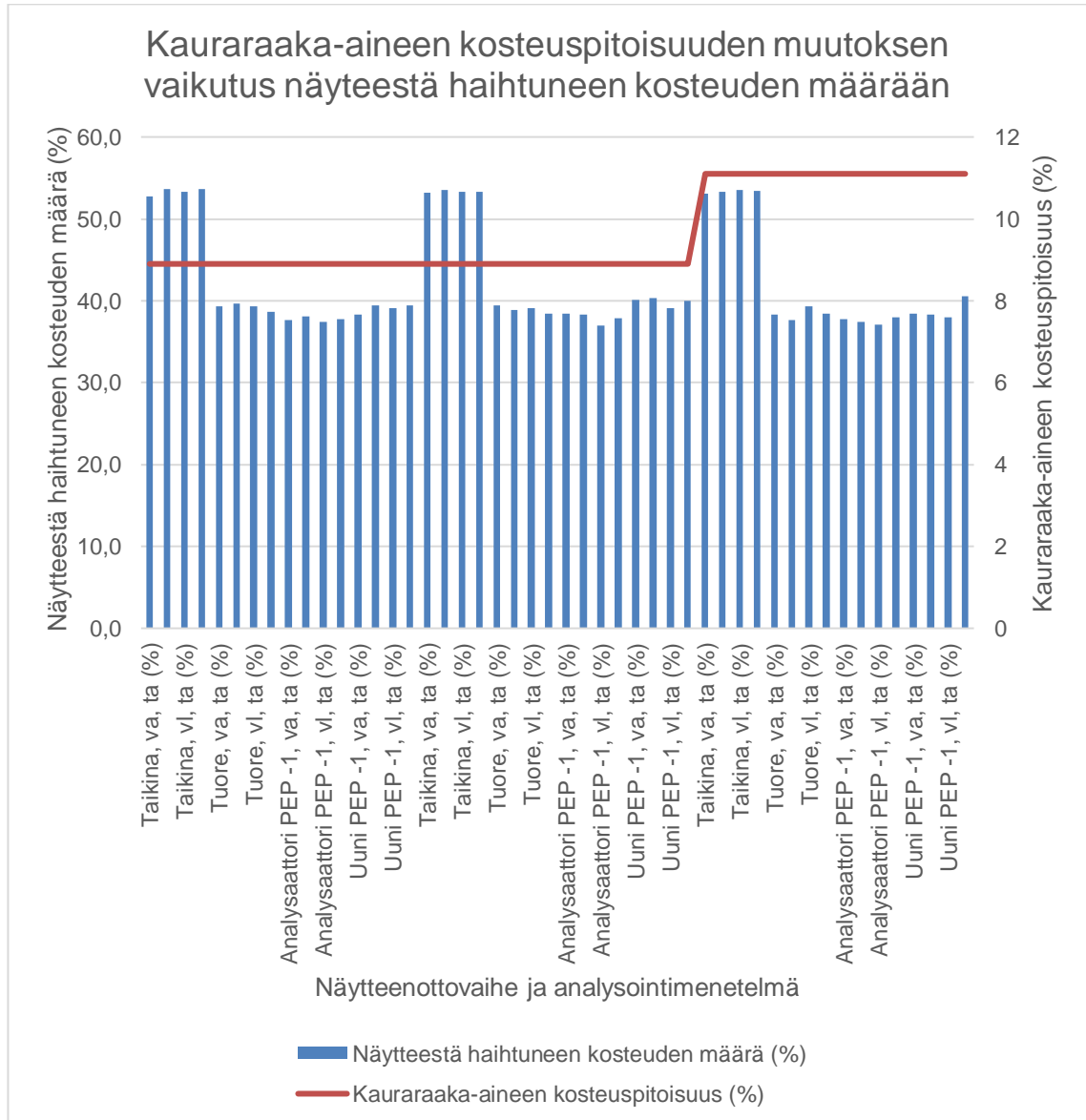
Kaavio 10. Näytteestä haihtuneen kosteuden määrän vaihtelu testipäivän, analysointivaiheen ja analyysimenetelmän mukaan.

Kaavio 11 verrataan uunikuivausmenetelmällä analysoitujen näytteiden kokoa ja näytteistä haihtuneen kosteuden määrää, koska sallittu näytteen koon vaihteluväli on varsin suuri. Näytteen koolla ei vaikuta olevan suurta merkitystä haihtuneen kosteuden määrään vaan suurempi vaikutus on näytteenottovaiheella. Pääosin eniten kosteutta haihtui taikinaerän lopussa sekä välituote-erän alussa että lopussa.



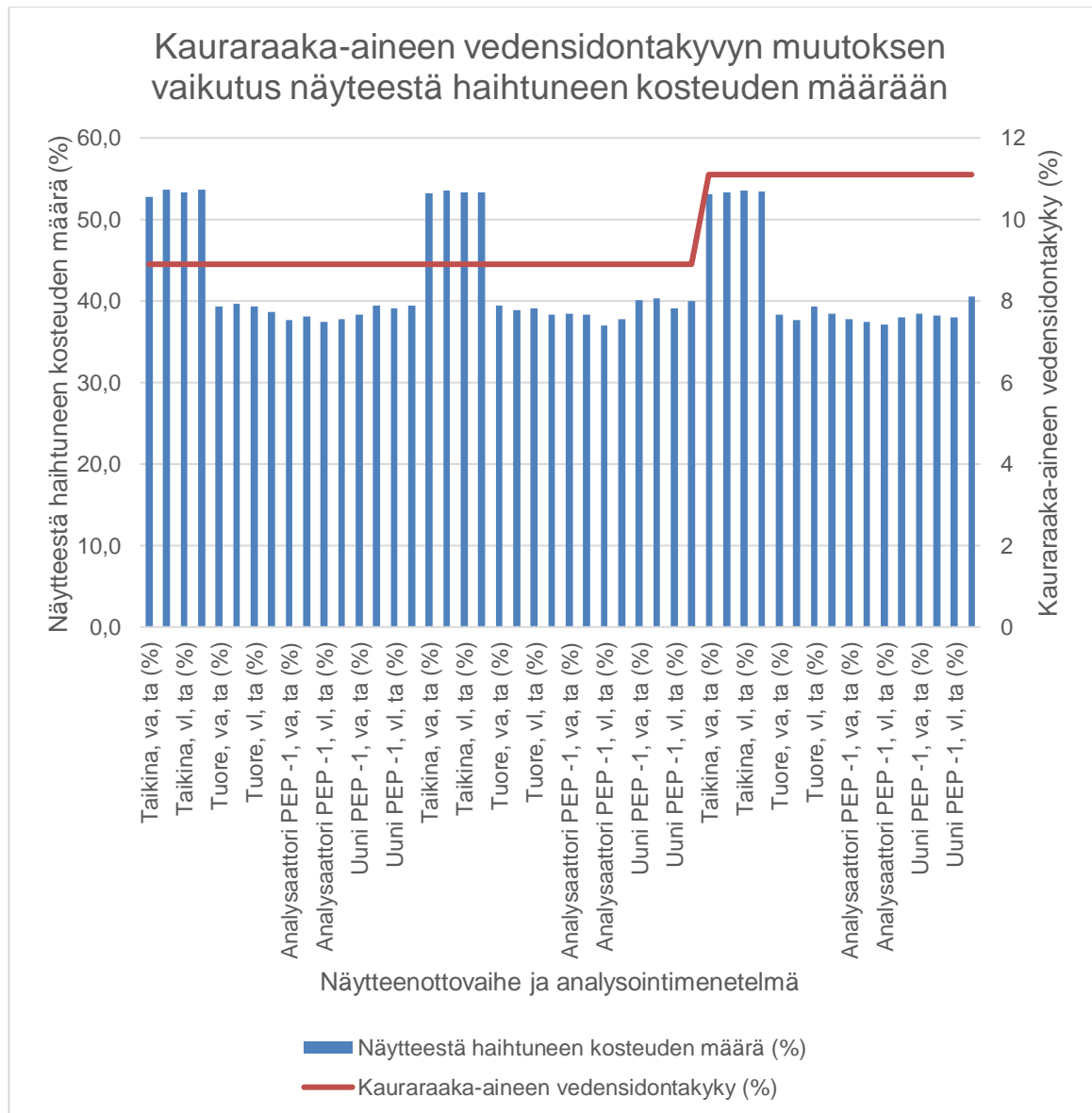
Kaavio 11. Näytteen koon ja näytteestä haihtuneen kosteuden määrän välinen yhteys uunikuivausmenetelmää käytettäessä.

Tutkimuksessa ei havaittu selkeää yhteyttä kauraraaka-aineen ja lopputuotteiden kosteuspitoisuuden muutosten välillä (Kaavio 12). Yhteyttä ei löytynyt myöskään muiden seurattujen parametrien ja lopputuotteen kosteuden välillä.



Kaavio 12. Kauraraaka-aineen kosteuspitoisuuden muutoksen vaikutus näytteestä haihtuneen kosteuden määrään analysointivaiheen mukaan.

Kauraraaka-aineen vedensidontakyky ei juuri vaihdellut testipäivinä (Kaavio 13). Vedensidontakyvyn sallittu vaihteluväli on kuitenkin 40 %-yksikköä, jolloin yhteen taikinaan tarvittavan kauraraaka-aineen sitoman veden määrä voi laskennallisesti muuttua jopa yli 7,1 l.



Kaavio 13. Kauraraaka-aineen vedensidontakyvyn muutoksen vaikutus näytteestä haihtuneen kosteuden määrään analysointivaiheen mukaan.

7 TULOSTEN TARKASTELU JA POHDINTA

Tuloksissa esitetään rinnakkaisten kosteusanalyysien keskiarvot, joista ei käy ilmi se, että toisinaan rinnakkaisten määritysten tulokset saattoivat erota toisistaan yli 2 %-yksikköä, jolloin analyysi tehtiin uudestaan. Uusintanäytteen tulokset saattoivat olla esimerkiksi 1,5 %-yksikköä korkeammat kuin ensimmäisellä kerralla, mutta riittävän lähellä toisiaan, jotta ne hyväksyttiin. Tästä voidaan päätellä, että yksittäisenkin leivän kosteus vaihtelee kohdasta riippuen runsaasti.

Kosteusanalyysiaattoreiden antamien tulosten mukaan leivistä haihtuneen kosteuden määrä oli keskimäärin tuotekortin arvojen mukainen sekä valmistuspäivänä että toiseksi viimeisenä myyntipäivänä. Uunikuivausmenetelmän tulosten mukaan leipien kosteus oli pääosin liian korkea kolmannen analyysipäivän leipiä lukuun ottamatta.

Leipomon laboratorio käyttää kosteusanalyysiaattoreiden menetelmän validointiin uunikuivausmenetelmällä saatuja tuloksia vastaavista näytteistä. Opinnäytetyön tekemisen aikana kosteusanalyysiaattoreilla ja uunikuivauksella saatujen tulosten ero oli suurimmillaan 2,7 %-yksikköä. Molemmat analyysit suoritettiin laboratoriosta saatujen ohjeiden mukaisesti. Saatujen tulosten pohjalta voidaan päätellä, että analyysimenetelmissä on parannettavaa, jotta käyttäjälähtöisiä eroja tuloksiin ei syntyisi.

Uunikuivaus on vanha ja luotettava menetelmä, jossa on helpompi onnistua kuin kosteusanalyysiaattoreilla kosteutta analysoitaessa. Kosteusanalyysiaattoreissa on tuulensuojat, jotta esimerkiksi analyysiaattoreiden ohi kulkiessa muodostuva ilmavirta ei vaikuttaisi analyysituloksiin, mutta analysointi ei tapahdu samalla tavalla suljetussa tilassa kuin uunikuivaus.

Mahdollisina virhelähteinä työssä on muun muassa se, että lähes kaikki näytteenottoajat perustuvat toimeksiantajan ohjeen mukaisesti arvioon siitä, milloin tietty välituote- tai taikinaerä on kulloisessakin näytteenottopaikassa. Esimerkiksi parin minuutin viivästys taikinaerän lopusta näytettä otettaessa saattoi johtaa siihen, että näyte olikin seuraavan taikinaerän alkua.

Farinografin termostaatin lämpötila oli 1 °C:een tavoitearvon alapuolella kaikkien testipäivien analyysien aikana. Tämä saattoi johtaa taikinan konsistenssia analysoitaessa oletettua korkeampiin tuloksiin, sillä taikinan entsyymitoiminta ja sitä kautta taikinan kehittyminen on hitaampaa viileämmässä lämpötilassa.

Toisen analyysipäivän alussa havaittiin, että yhden kosteusanalysaattorin taikinaohjelman lämpötilaohjelma oli virheellinen. Ohjelma korjattiin ennen analyysien aloittamista, mutta ensimmäisenä analyysipäivänä käytetyn ohjelman oikeellisuudesta ei ole varmuutta. Ensimmäisen päivän tulokset eivät kuitenkaan poikenneet muiden päivien tuloksista.

Analysoitavat näytteet kerättiin kahtena ensimmäisenä analyysipäivänä taikinoista, joihin käytettiin päivän toista välituote-erää. Tällä pyrittiin varmistamaan mahdollisimman normaali leivontapäivien tilanne, jolloin uusi ja vanha välituote-erä sekoittuvat toisiinsa. Kolmantena analyysipäivänä näytteet kuitenkin otettiin aikataulusyistä taikinoista, joihin käytettiin päivän ensimmäistä välituote-erää. Tämä saattoi vaikuttaa tuoreesta leivästä haihtuneen kosteuden määrään noin yhden prosenttiyksikön laskuna välituote-erän alun taikinasta analysoituna.

8 YHTEENVETO

Kauraraaka-aineen kosteuspitoisuuden muutoksilla ei havaittu olevan vaikutusta lopputuotteena olevan leivän kosteuspitoisuuteen. Kauraraaka-aineen kosteuspitoisuutta suurempi vaikutus leivän kosteuspitoisuuteen on teoriassa kauraraaka-aineen vedensidontakyvyllä. Vedensidontakyvyn vaihtelu sallittujen rajojen sisällä saattaa vaikuttaa yhteen taikinaan tarvittavan kauraraaka-aineen sitoman veden määrään useita litroja, mikä näkyy lopputuotteen kosteuspitoisuudessa.

Kosteusanalysointimenetelmien ja uunikuivauksen tulosten eroille luonnollisin selitys lienee analysoijan kokemattomuus kosteusanalysointimenetelmien käytössä. Mahdollista kuitenkin on, että leivontaprosessissa ja analysointimenetelmissä olisi parantamisen varaa. Uunikuivausmenetelmän näyttekoon sallittu vaihteluväli on niin suuri, että se saattaa vaikuttaa haihtuvan kosteuden määrään toistettavia tuloksia haettaessa.

Raaka-aineen kosteuspitoisuuden vaikutusta lopputuotteen kosteuspitoisuuteen olisi hyvä tutkia pidemmällä testijaksolla, jolloin näytteitä voisi kerätä myös välituotteesta. Taikina- ja leipänäytteitä voisi tällöin kerätä yhden välituote-erän jokaisesta taikinasta esimerkiksi kerran viikossa kahden kuukauden ajan. Analysoitavia näytteitä tulee tällä tavoin paljon, mutta se antaisi tarkemman kuvan raaka-aineen kosteuspitoisuuden vaikutuksesta lopputuotteen kosteuspitoisuuteen. Myös kauraraaka-aineen vedensidontakyvyn muutoksia olisi syytä seurata ja muokata välituotteen valmistusprosessia kauraraaka-aineen vedensidontakyvyn vaihdellessa.

LÄHTEET

Brabender GmbH & Co 2009. Instruction Manual Farinograph-E with USB port. 19. kesäkuuta 2018.

Dufva, M. 2017. Sitra. Viitattu 5. huhtikuuta 2018
<https://www.sitra.fi/aiheet/megatrendit/>.

El Khoury, D.; Cuba, C.; Luhovyy, B.L. & Anderson, G.H. 2011. Beta Glucan: Health Benefits in Obesity and Metabolic Syndrome. Journal of Nutrition and Metabolism, Viitattu 23. toukokuuta 2018 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3236515/>.

Eskelinen, S.; Mustajoki, P. & Kaukua, J. 2016. Duodecim Terveyskirjasto. Viitattu 5. huhtikuuta 2018
http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=snk03082.

Euroopan komissio 2012. Komission asetus (EU) N:o 432/2012. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R0432&from=FI>.

European Food Safety Authority (EFSA) 2010. Scientific Opinion on the substantiation of a health claim related to oat beta glucan and lowering blood cholesterol and reduced risk of (coronary) heart disease pursuant to Article 14 of Regulation (EC) No 1924/2006. Scientific Opinion. Parma.

Flander, L. 2012. Bioprocessing to improve oat bread quality. Väitöskirja. Espoo: Teknologian tutkimuskeskus VTT.

Flander, L.; Salmenkallio-Marttila, M.; Suortti, T. & Autio, K. 2007. Optimization of ingredients and baking process for improved wholemeal oat bread quality. LWT - Food Science and Technology, Vol. 40 No 5, 860-870 Viitattu 27. maaliskuuta 2018
https://www.sciencedirect-com.ezproxy.turkuamk.fi/science/article/pii/S0023643806001551?_rdoc=1&_fmt=high&_origin=gateway&_docanchor=&md5=b8429449ccfc9c30159a5f9aeaa92ffb&ccp=y.

Hietaniemi, V. 2018. Luonnonvarakeskus. Viitattu 26. huhtikuuta 2018
<https://www.luke.fi/blogi/kaurabuumi-hipoo-pilvia/>.

Higdon, J.; Drake, V.J. & Klurfeld, D.M. 2012. Oregon State University, Linus Pauling Institute. Viitattu 28. maaliskuuta 2018 <http://lpi.oregonstate.edu/book/export/html/474>.

Hätönen, K.; Lindström, J. & Laatikainen, T. 2014. Hiilihydraatit ja niiden terveysvaikutukset - Miten arvioida hiilihydraattipitoisten elintarvikkeiden laatua? Työpaperi. Terveysten- ja hyvinvoinninlaitos.

Karppinen, S. 2017. Luonnonvarakeskus. Viitattu 20. toukokuuta 2018
<https://www.luke.fi/uutiset/kauran-elintarvikekaytto-lisaantyi/>.

Karppinen, S. 2017. Luonnonvarakeskus. Luonnonvarakeskus Viitattu 26. huhtikuuta 2018
<https://www.luke.fi/uutiset/kauran-elintarvikekaytto-ylitti-rukiin-kayton/>.

Kiviniemi, A. 2018. Internetix. Viitattu 21. toukokuuta 2018
http://opinnot.internetix.fi/fi/muikku2materiaalit/lukio/ke/ke1/5._bio-organinen_kemia/5.2hiilihydraatit?C:D=hNkS.hfZI.

Laine, J. 2011. Ruismallasuute vähägluteenisessa leivonnassa. Pro gradu. Helsinki: Helsingin yliopisto, Elintarvike- ja ympäristötieteiden laitos.

Leipätiedotus ry 2018. Leipätiedotus. Viitattu 27. maaliskuuta 2018
<http://www.leipätiedotus.fi/leipa-ravitsemuksessa/taysjyva/mita-taysjyvaviljastaa/bioaktiiviset-yhdisteet.html>.

Leipätiedotus ry 2018. Leivän vanhemmisilmiöitä. Viitattu 24. toukokuuta 2018
<http://www.leipätiedotus.fi/tietoa-leivasta/leipa-elintarvikkeena/leivan-sailytys/leivan-vanhemmisilmiöitä.html>.

Leponiemi, T. 2018. Yle. Viitattu 29. maaliskuuta 2018 <https://yle.fi/uutiset/3-10093657>.

National Center for Biotechnical Information, U.S.N.L.o.M. 1987. Computer-Assisted Modeling: Contributions of Computational Approaches to Elucidating Macromolecular Structure and Function: 8. Structure and Function of Complex Carbohydrates. Viitattu 21. toukokuuta 2018 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK218559/>.

Pastell, H. 2017. Evira. Viitattu 4. huhtikuuta 2018
https://www.evira.fi/globalassets/tietoa-evirasta/esittely/toiminta/riskinarviointi/seminaarit/pastell-jakeluun_monimuotoinen-ravintokuitu-elintarvikkeissa_300117.pdf.

Pentikäinen, S. 2017. Teknologian tutkimuskeskus VTT. Viitattu 4. huhtikuuta 2018
<https://www.raisio.com/documents/506963/514418/KAURAN+TERVEYSVAIKUTUKSE+T.pdf/459e652b-6c0b-4348-9653-f008a873aa7b>.

Perkonoja, M. 2015. Luonnonvarakeskus. Viitattu 26. huhtikuuta 2018
<https://www.luke.fi/kaurasta-kultaa/>.

Tiwari, U. ym. 2013. A comparison of oat flour and oat bran-based bread formulations. British Food Journal, Vol. 115 No 2, 300-313 Viitattu 28. maaliskuuta 2018
<https://search-proquest-com.ezproxy.turkuamk.fi/business/docview/1283391797?accountid=14446>.

Toimeksiantajayritys 2017. Farinografin käyttöohje. 19. kesäkuuta 2018.

Vataja, K. 2015. Sitran trendit: Hyvinvointi korostuu. Sitra.

Wrang, E.; Kuuri-Riutta, T. & Herlin, N. 2010. Ennakoinnilla katse tulevaisuuteen. Kehittyvä Elintarvike, No 1, Viitattu 5. huhtikuuta 2018
<http://kehittyvaelintarvike.fi/teemajutut/28-ennakoinnilla-katse-tulevaisuuteen>.